

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

#2

In re PATENT APPLICATION of
Inventor(s): PIIRAINEN

Appln. No.: <u>09</u>	
Series Code <u>↑</u>	Serial No. <u>↑</u>

Group Art Unit: Not Yet Assigned

Jc760 U.S. PTO
09/998183
12/03/01

Filed: December 3, 2001

Examiner: Not Yet Assigned

Title: OPTIMIZING OF CHANNEL EQUALIZER

Atty. Dkt. <u>P 284112</u>	<u>200001US/MYL/HER</u>
<u>M#</u>	<u>Client Ref</u>

Date: December 3, 2001

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF RULE 55

Hon. Asst Commissioner of Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

Please accept the enclosed certified copy(ies) of the respective foreign application(s) listed below for which benefit under 35 U.S.C. 119/365 has been previously claimed in the subject application and if not is hereby claimed.

<u>Application No.</u>	<u>Country of Origin</u>	<u>Filed</u>
20000820	FINLAND	April 6, 2000

Respectfully submitted,

Pillsbury Winthrop LLP
Intellectual Property Group

1600 Tysons Boulevard
McLean, VA 22102
Tel: (703) 905-2000

Atty/Sec: CHM/JRH

By Atty: <u>Christine H. McCarthy</u>	Reg. No. <u>41844</u>
Sig: <u>[Signature]</u>	Fax: <u>(703) 905-2500</u>
	Tel: <u>(703) 905-2143</u>

PATENTTI- JA REKISTERIHALL 3
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 12.11.2001

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT



Hakija
Applicant

Nokia Networks Oy
Helsinki

Patenttihakemus nro
Patent application no

20000820

Tekemispäivä
Filing date

06.04.2000

Kansainvälinen luokka
International class


H04B

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Kanavakorjaimen optimointi"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.


Pirjo Kalla
Tutkimussihteeri

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

Maksu 300,-
Fee 300,- FIM

Maksu perustuu kaupp- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1782/1995 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1782/1995 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A
P.O.Box 1160
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Puhelin: 09 6939 500
Telephone: + 358 9 6939 500

Telefax: 09 6939 5328
Telefax: + 358 9 6939 5328

1c760 U.S. PTO
09/998183
12/03/01

Kanavakorjaimen optimointi

Ala

Keksinnön kohteena on kohinatehon arviointi radiovastaanottimessa kanavakorjaimen parametrien määrittämiseksi.

5 Tausta

Radiovastaanottimissa käytetään erilaisia kanavakorjaimia poistamaan symbolien keskinäisvaikutusta ISI (Inter Symbol Interference). Symbolien keskinäisvaikutus johtuu signaaliin radiokanavassa aiheutuvista lineaarisista ja epälineaarisista vääristymistä. Keskinäisvaikutusta syntyy kaistarajoitetuissa kanavissa, kun käytössä oleva pulssimuoto leviää viereisiin pulssika-
10 kaväleihin. Ongelma on merkittävä etenkin suurilla siirtonopeuksilla datansiirto-
sovelluksissa. Korjaimia on useita eri tyyppisiä, kuten päätöstakaisinkytketty korjain DFE (Decision Feedback Equalizer) tai Viterbi-algoritmiin perustuvat Maximum Likelihood - eli ML-korjain ja Maximum Likelihood Sequence Esti-
15 mation - eli MLSE-korjain.

On yleisesti tunnettua, että Viterbi-algoritmiin perustuvilta korjaimilta saatava informaatio dekodauksen pehmeää päätöksentekoa varten pitää
20 painottaa ottamalla huomioon kohina- tai häiriöteho, jotta suorituskyky voidaan optimoida. Täten ongelmaksi tulee, kuinka kohinan teho voidaan luotettavasti
arvioida.

Julkaisussa US 5,199,047 on esitetty yksi menetelmä, jolla voidaan estimoida vastaanoton laatua TDMA-järjestelmissä (Time Division Multiple Access). Esitetyssä menetelmässä kanavakorjaimet säädetään vertaamalla etukäteen muistiin talletettua opetusjaksosjekvenssiä vastaanotettuun opetusjak-
25 sokesekvenssiin. Opetusjaksosjekvenssi lähetetään jokaisen datalähetyksen yhteydessä. Julkaisussa on esitetty yleisesti tunnettu vastaanotinrakenne, jossa laskemalla vastaanotetun opetusjaksosjekvenssin X' ristikorrelaatio muistiin talletetun sekvenssin X kanssa määritetään kanavan impulssivaste $H(O)$. Tämä impulssivaste ohjaa Viterbi-korjainta. Julkaisussa on esitetty menetelmä,
30 jolla voidaan arvioida vastaanoton laatua laskemalla estimaatti S vastaanotetulle signaalille

$$S = \sum_{i=0}^I s_i = \sum_{i=0}^I |y_i - x_i'|^2, \quad (1)$$

jossa

y_i = laskettu estimaatti häiriöttömästi siirretylle signaalille (sisältää opetussekvenssin), ja

5 $x_i' =$ vastaanotettu näyte.

Mitä pienempi estimaatti S on, sitä paremmin estimoitu opetussekvenssi vastaa vastaanotettua signaalinäytettä. Siten myös mitä pienempi estimaatti S on, sitä suurempi on todennäköisyys sille, että lähetetyt databitit voidaan ilmaista käytetyllä kanavakorjaimella.

10 Julkaisussa on myös esitetty suhteellinen estimaatti, laatukerroin Q , joka ottaa huomioon vastaanotetun signaalin tehon

$$Q = \frac{\sum |X_i'|^2}{S} = \frac{\sum |x_i'|^2}{\sum |y_i - x_i'|^2}, \quad (2)$$

15 jossa opetusjaksosekvenssin X_i' tai yksittäisten näytearvojen x_i' neliölliset arvot summataan vastaanotetun signaalienergian määrittämiseksi.

Usein, esimerkiksi GSM-järjestelmän (Global System for Mobile Communications) modifikaatiossa EDGE:ssä (Enhanced Data Services for GSM Evolution), vastaanotin käsittää esisuodattimia ennen kanavakorjainta.

20 Julkaisussa US 5,199,047 ei ole esitetty, kuinka tätä voidaan hyödyntää kanavakorjaimen optimoinnissa.

Keksinnön lyhyt selostus

Keksinnön tavoitteena on siten toteuttaa menetelmä kanavakorjaimen optimoimiseksi estimoimalla kohinateho kahdessa vaiheessa ja menetelmän toteuttava laitteisto. Tämä saavutetaan menetelmällä kanavakorjauksen suorittamiseksi radiovastaanottimessa, jossa estimoidaan impulssivaste, määritetään kohinateho estimoimalla vastaanotetun signaalin sisältämän kohinan kovarianssimatriisi ennen esisuodatusta sekä lasketaan esisuodattimien ja kanavakorjaimen tappikertoimet. Menetelmässä määritetään kohinateho esisuodatuksen jälkeen estimoimalla kohinan varianssi ja painotetaan kanavakorjaimen sisäänmenosignaaleja painotuskertoimilla, jotka on saatu estimoimalla kohinan varianssi.

Keksinnön kohteena on myös radiovastaanotin, joka vastaanotin käsittää välineet estimoida impulssivaste, välineet määrittää vastaanotetun signaalin kohinatehoa estimoimalla vastaanotetun signaalin sisältämän kohinan kovarianssimatriisi ennen esisuodatusta sekä välineet laskea esisuodattimien ja kanavakorjaimen tappikertoimet. Vastaanotin käsittää välineet määrittää kohinateho esisuodatuksen jälkeen estimoimalla kohinan varianssi ja vastaanotin käsittää välineet painottaa kanavakorjaimen sisäänmenosignaaleja kohinan varianssin estimoisesta saaduilla painotuskertoimilla.

Keksinnön edulliset suoritusmuodot ovat epäitsenäisten patenttivaatimusten kohteena.

Keksintö perustuu siihen, että vastaanotetun signaalin kohinatehoa eli kohinan varianssia estimoidaan paitsi ennen esisuodatusta myös esisuodatuksen jälkeen. Estimoinnista saaduilla painotuskertoimilla painotetaan kanavakorjaimen tulosignaalia.

Keksinnön mukaisella menetelmällä ja järjestelmällä saavutetaan useita etuja. Painottamalla kanavakorjaimen tulosignaalia saadaan aikaan parannusta kanavadekoodauksen suorituskykyyn. Tämä on erityisen edullista, jos järjestelmän modulaatiomenetelmän takia kanavadekoodauksen suorituskyky on oleellisen tärkeää, esimerkiksi GSM-järjestelmän modifikaatiossa EDGE:ssä. Lisäksi suorittamalla kohinan estimointi uudelleen esisuodatuksen jälkeen voidaan esisuodatuksessa tapahtuneet virheet ottaa huomioon.

Kuvioiden lyhyt selostus

Keksintöä selostetaan nyt lähemmin edullisten suoritusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joissa

kuvio 1 havainnollistaa esimerkkiä tietoliikennejärjestelmästä,

kuvio 2 on vuokaavio, joka esittää menetelmäaskelia kohinan kovarianssin estimoiseksi kahteen kertaan ja mahdollista biasoinnin poistoa estimaatista,

Kuvio 3 esittää vastaanotetun signaalin impulssivastetta,

kuvio 4 esittää yhtä ratkaisua kanavakorjaimen parametrien laske-
miseksi vastaanottimessa.

Suoritusmuotojen selostus

Keksintöä voidaan soveltaa kaikissa langattomien viestintäjärjestelmien vastaanottimissa, niin verkko-osissa, kuten tukiasemissa, kuin erilaisissa tilaajapäätelaitteissakin.

Kuviossa 1 havainnollistetaan yksinkertaistetusti yhtä digitaalista tiedonsiirtojärjestelmää, jossa keksinnön mukaista ratkaisua voidaan soveltaa. Kyseessä on osa solukkoradiojärjestelmästä, joka käsittää tukiaseman 104, joka on radioyhteydessä 108 ja 110 tilaajapäätelaitteisiin 100 ja 102, jotka voi-
 5 vat olla kiinteästi sijoitettuja, ajoneuvoon sijoitettuja tai kannettavia mukana kuljetettavia päätelaitteita. Tukiaseman lähetinvastaanottimista on yhteys antenniyksikköön, jolla toteutetaan kaksisuuntainen radioyhteys tilaajapäätelaitteeseen. Tukiasema on edelleen yhteydessä tukiasemaohjaimeen 106, joka välittää päätelaitteiden yhteydet muualle verkkoon. Tukiasemaohjain ohjaa
 10 keskitetysti useita siihen yhteydessä olevia tukiasemia.

Solukkoradiojärjestelmästä voidaan olla yhteydessä myös yleiseen puhelinverkkoon, jolloin transkooderi muuntaa yleisen puhelinverkon ja solukkoradioverkon välillä käytettävät erilaiset puheen digitaaliset koodausmuodot toisilleen sopiviksi, esimerkiksi kiinteän verkon 64 kbit/s muodosta solukkoradioverkon johonkin muuhun (esimerkiksi 13 kbit/s) muotoon ja päinvastoin.
 15

Kuviossa 2 on esitetty vuokaaviona menetelmäaskeleet estimoitaessa kohinan varianssia kahdessa vaiheessa sekä painotettaessa kanavakorjaimen tulosaalialia kohinan varianssin estimoinnilla saaduilla painotuskertoimilla. Vuokaavion yksittäisiä menetelmäaskeleita selostetaan tarkemmin
 20 vastaanotinrakenteen kuvauksen yhteydessä. Menetelmän suorittaminen alkaa lohkoista 200.

Lohkossa 202 lasketaan impulssivaste. Kuviossa 3 havainnollistetaan mitattua impulssivastetta esimerkinomaisesti. Tyypillisessä solukkoradioympäristössä tukiaseman ja tilaajapäätelaitteen väliset signaalit etenevät use-
 25 aa eri reittiä lähettimen ja vastaanottimen välillä. Tämä monitie-eteneminen aiheutuu pääosin signaalin heijastumisesta ympäröivistä pinnoista. Eri reittejä kulkeneet signaalit saapuvat vastaanottimeen eri aikoina erilaisen kulkuviiveen takia. Tämä pätee molemmissa siirtosuunnissa. Tätä lähetetyn signaalin monitie-etenemistä voidaan vastaanottimessa tarkkailla mittaamalla vastaanotetun signaalin impulssivaste, jossa eri aikoina saapuneet signaalit näky-
 30 vät signaalinvoimakkuuteensa verrannollisina huippuina. Kuviossa 3 on esimerkinomaisesti havainnollistettu mitattua impulssivastetta. Vaaka-akselilla 300 on aika ja pystyakselilla 302 on vastaanotetun signaalin voimakkuus. Käyrän huippukohdat 304, 306, 308 ilmaisevat vastaanotetun signaalin voimak-
 35 kaimpia komponentteja.

Seuraavaksi lohkoissa 204 estimoidaan signaalin kovarianssimatriisi, jonka diagonaalilta saadaan kohinan varianssi vektorimuodossa kaavan 7 mukaisesti. Lohkoissa 206 lasketaan esisuodattimien ja kanavakorjaimen tappikertoimet jollakin tunnetulla menetelmällä. Lohkoissa 208 estimoidaan kohinan varianssi uudelleen kaavan 10 mukaisesti. Lopuksi lohkoissa 210 painotetaan kanavakorjaimelle meneviä signaaleja kohinan estimoinnilla saaduilla painotuskertoimilla. Nuolella 212 kuvataan menetelmän toistettavuutta kulloinkin käytetyn järjestelmästandardin vaatimusten mukaisesti, esimerkiksi aikavälikohtaisesti. Lohkoissa 214 arvioidaan estimaatissa mahdollisesti olevan biasoinnin tasoa parametrien määrittämiseksi kaavan 11 mukaisesti. Tämä vaihe ei ole välttämätön, mutta parantaa suorituskkyä, jos esisuodattimien tappikertoimet on määritetty käyttäen sellaista korjainalgoritmia, joka aiheuttaa kohinan energian estimaattiin biasointia. Menetelmän suorittaminen päättyy lohkoon 216.

Seuraavaksi selostetaan kutakin menetelmäaskelta yksityiskohtaisemmin kuviossa 4 esitetyn yksinkertaistetun kanavakorjaimen parametrien määrittämiseen tarvittavan vastaanotinrakenteen avulla. Kuviossa on esitetty havainnollisuuden vuoksi vain keksinnön kuvaamisen kannalta oleelliset vastaanotinrakenteen osat.

Estimointilohkoon 400 tulee sisäänmenona vastaanotettu näytteistetty signaali ja kunkin haaran impulssivaste estimoidaan tunnetun tekniikan mukaisesti ristikorreloimalla vastaanotettuja näytteitä jonkin tunnetun sekvenssin kanssa. Yhdessä tunnetuissa järjestelmissä sovellettavista impulssivasteen estimointimenetelmistä, jota sovelletaan esimerkiksi GSM-järjestelmässä, käytetään hyväksi purskeeseen liitettyä tunnettua opetussekvenssiä. Tällöin 26 bittiä pitkästä opetusjaksosta käytetään kunkin impulssivastetapin estimointiin 16 bittiä. Usein rakenne käsittää myös sovitetun suodattimen, joka palauttaa kanavassa vääristyneen signaalin alkuperäiseksi datavirraksi symbolivirhetodennäköisyydellä, joka riippuu häiriötekijöistä, kuten symbolien keskinäisvaikutuksesta, ISI:stä. Sovitetussa suodattimessa lasketaan estimoidun impulssivasteen autokorrelaation tapit. Edellä kuvatut toiminnot voidaan toteuttaa monin tavoin, esimerkiksi prosessorilla suoritettulla ohjelmistolla tai laitteistototeutuksella, kuten erilliskomponenteista rakennetulla logiikalla tai ASIC:illa (Application Specific Integrated Circuit).

Impulssivasteen estimoinnin jälkeen lohossa 402 lasketaan kohinan kovarianssimatriisi. Tunnetun tekniikan mukaisesti kovarianssimatriisi voidaan estimoida esimerkiksi seuraavasti:

Näytteistetty signaalivektori voidaan lineaarisessa tapauksessa
5 esittää muodossa (lihavoidut muuttujat ovat vektoreita tai matriiseja)

$$\begin{aligned} \mathbf{y}_1 &= \mathbf{H}_1 \mathbf{x} + \mathbf{w}_1 \\ \mathbf{y}_2 &= \mathbf{H}_2 \mathbf{x} + \mathbf{w}_2 \end{aligned} \quad (3)$$

jossa

10 \mathbf{y}_1 ja \mathbf{y}_2 ovat näytevektoreita muotoa $[y[0]y[1]...y[N-1]]^T$, kun
 $n = 0, 1, \dots, N-1$, jossa n on näytteiden lukumäärä,
 \mathbf{x} on estimoitava vektori,
 \mathbf{w}_1 ja \mathbf{w}_2 ovat kohinavektoreita muotoa $[w[0]w[1]...w[N-1]]^T$,
 \mathbf{H} on tunnettu havaintomatriisi, jonka dimensiot ovat
 15 $N \times (N + h_t - 1)$, jossa h_t on impulssivasteen pituus, ja joka on
 muotoa

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} h(0) & h(1) & \dots & h(h_t) & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & h(0) & h(1) & \dots & h(h_t) & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & & & & & & & \\ 0 & 0 & \dots & 0 & h(0) & h(1) & \dots & h(h_t) \end{bmatrix},$$

20 eli matriisi \mathbf{H} käsittää yläkolmiomatriisin ja alakolmiomatriisin, joiden arvo on 0. Matriisikertolasku $\mathbf{H}\mathbf{x}$ laskee impulssivasteen ja informaation konvoluution.

Täten kahden näytteen \mathbf{y}_1 ja \mathbf{y}_2 kovarianssi on

25

$$\begin{aligned}
\mu_{12} &= E\left[\left(\mathbf{y}_1 - E(\mathbf{y}_1)\right)\left(\mathbf{y}_2 - E(\mathbf{y}_2)\right)^*\right] \\
&= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \left(\mathbf{y}_1 - E(\mathbf{y}_1)\right)\left(\mathbf{y}_2 - E(\mathbf{y}_2)\right)^* p(\mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2) d\mathbf{y}_1 d\mathbf{y}_2 \\
&= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \mathbf{y}_1 \mathbf{y}_2^* p(\mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2) d\mathbf{y}_1 d\mathbf{y}_2 - E(\mathbf{y}_1) E(\mathbf{y}_2)^* \\
&= E(\mathbf{y}_1 \mathbf{y}_2^*) - E(\mathbf{y}_1) E(\mathbf{y}_2)^*
\end{aligned} \tag{4}$$

jossa $E(\mathbf{y}_1)$ on \mathbf{y}_1 :n odotusarvo ja muotoa

$$E(\mathbf{y}_1) = \int_{-\infty}^{\infty} \mathbf{y}_1 p(\mathbf{y}_1) d\mathbf{y}_1. \tag{5}$$

5

$E(\mathbf{y}_2)$ saadaan vastaavasti.

Kovarianssi voidaan esittää matriisimuodossa myös seuraavasti

$$\mathbf{C} = E(\mathbf{e}_i \mathbf{e}_i^H), \text{ jossa} \tag{6}$$

10

$$\mathbf{e} = \begin{pmatrix} \mathbf{w}_1^T \\ \mathbf{w}_2^T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (\mathbf{y}_1 - \mathbf{H}_1 \mathbf{x})^T \\ (\mathbf{y}_2 - \mathbf{H}_2 \mathbf{x})^T \end{pmatrix}. \tag{7}$$

Näytevektoreita voi olla kuvan 4 mukaisesti useampiakin kuin kaa-
voissa yksinkertaisuuden vuoksi esitetyt \mathbf{y}_1 ja \mathbf{y}_2 . Kovarianssimatriisin diago-
naalin alkiot muodostavat signaalin kohinan varianssin vektorimuodossa.

15

Edellä kuvatut toiminnot voidaan toteuttaa monin tavoin, esimerkiksi prosessorilla suoritettulla ohjelmistolla tai laitteistototeutuksella, kuten erillis-
komponenteista rakennetulla logiikalla tai ASIC:illa.

Lohkossa 404 lasketaan esisuodattimien f_1 , f_2 jne. f_n ja kanavakor-
jaimen 412 tappikertoimet. Lohkon tulosaaleina ovat lohkon 400 ja 402
lähtösignaalit. Estimoituja impulssivasteen arvoja ja kohinan kovarianssimatrii-
sia voidaan käyttää esisuodattimien tappikertoimien määrittämisessä. Esisuo-
dattimet voivat olla joko FIR (Finite Impulse Response) tai IIR-tyyppisiä

20

(Infinite Impulse Response), mutta eivät sovitettuja suodattimia. IIR-suodattimet vaativat vähemmän parametreja, vähemmän muisti- ja laskentakapasiteettia kuin FIR-suodattimet, joilla on yhtä tasainen estokaista, mutta IIR-suodattimet aiheuttavat vaihevääristymää. Keksinnön soveltamisen kannalta suodattimen valinta tai suunnittelumenetelmä ei ole oleellinen, joten niihin ei tässä selostuksessa tarkemmin puututa. Erilaiset suodattimien suunnittelumenetelmät ovat alalla yleisesti tunnettuja. Lohkon 404 lähtösignaali 416, joka viedään painotusvälineille 410, on muokattu impulssivaste.

Alalla tunnetaan yleisesti useita eri tyyppisiä kanavakorjaimia. Käytännössä yleisimmät ovat lineaarinen korjain, päätöstakaisinkytketty korjain DFE (Decision Feedback Equalizer), joka on epälineaarinen, ja Viterbi-algoritmi, joka perustuu Maximum Likelihood -vastaanottoon. Viterbi-algoritmin yhteydessä korjaimen optimointikriteeri on sekvenssin virhetodennäköisyys. Perinteisesti korjain on toteutettu lineaarisen FIR-tyyppisen suodattimen avulla. Tällainen korjain voidaan optimoida käyttäen erilaisia optimointikriteerejä. Virhetodennäköisyys riippuu epälineaarisesti korjaimen kertoimista, joten tavallisin käytännöllinen optimointikriteeri on keskineliövirhe MSE (Mean-Square Error) eli virheteho

$$J_{\min} = E \left| I_k - \hat{I}_k \right|^2, \text{ jossa} \quad (8)$$

J_{\min} on virhetehon minimi,
 I_k on referenssisignaali ja
 \hat{I}_k on referenssisignaalin estimaatti.

Keksinnön soveltamisen kannalta korjaimen valinta tai optimointimenetelmä ei ole oleellinen, joten niihin ei tässä selostuksessa tarkemmin puututa. Erilaiset korjainten optimointimenetelmät ovat alalla yleisesti hyvin tunnettuja.

Lohkossa 406 lasketaan esisuodatuksen jälkeen uudelleen signaalin kohinan varianssi. Tunnetun tekniikan mukaisesti kohinan varianssi voidaan estimoida esimerkiksi seuraavasti:

Esisuodatuksen jälkeen signaalivektori voidaan esittää muodossa

$$\mathbf{y}_c = \mathbf{H}_c \mathbf{x} + \mathbf{w}_c, \text{ jossa} \quad (9)$$

\mathbf{y}_c on näytevektori muotoa $[y[0]y[1]...y[N-1]]^T$, kun

$n = 0, 1, \dots, N-1$, jossa n on näytteiden lukumäärä,

\mathbf{x} on estimoitava vektori,

\mathbf{w}_c on kohinavektori muotoa $[w[0]w[1]...w[N-1]]^T$,

5

\mathbf{H}_c on tunnettu havaintomatriisi, jonka dimensiot ovat

$N \times (N + h_l - 1)$, jossa h_l on impulssivasteen pituus, ja joka on muotoa

$$\mathbf{H}_c = \begin{bmatrix} h_c(0) & h_c(1) & \dots & h_c(h_l) & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & h_c(0) & h_c(1) & \dots & h_c(h_l) & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & h_c(0) & h_c(1) & \dots & h_c(h_l) \end{bmatrix}.$$

10

Täten kohinan energia \mathbf{N} voidaan estimoida kaavalla

$$\mathbf{N} = c * \mathbf{w}_c^t \mathbf{w}_c * /length(\mathbf{w}_c), \text{ jossa} \quad (10)$$

15

c on käyttäjän valitsema vakio, joka ei ole välttämätön, mutta jolla voidaan tarvittaessa esimerkiksi skaalata järjestelmän dynamiikkaa.

Edellä kuvatut toiminnot voidaan toteuttaa monin tavoin, esimerkiksi prosessorilla suoritettulla ohjelmistolla tai laitteistototeutuksella, kuten erillis-komponenteista rakennetulla logiikalla tai ASIC:illa.

20

Mikäli esisuodattimien tappikertoimet on määritetty käyttäen sel-laista korjainalgoritmia, joka aiheuttaa kohinan energian estimaattiin biasointia, kuten MMSE-DFE - korjainalgoritmi (Minimum Mean-Square Equalizer - Deci-sion Feedback Equalizer), kanavakoodauksen suorituskyvyn parantamiseksi poistetaan biasointi. Lohkossa 408 lasketaan painotuskertoimet biasoinnin poistamiseksi kohinan energian estimaatista seuraavasti:

25

$$\mathbf{N} = \frac{\mathbf{N} * E(|\mathbf{y}_c|^2)}{(E(|\mathbf{y}_c|^2) + \mathbf{N})}, \text{ jossa} \quad (11)$$

N on kohinan energian estimaatti ja kaavassa 10 esitettyä muotoa ja

$E(|\mathbf{y}_c|^2)$ on signaalin energian odotusarvo esisuodatuksen jälkeen.

Tämä on kuvion 4 mukainen ratkaisu.

5 Kohinan energian **N** laskukaavassa 10

$$\mathbf{N} = c * \mathbf{w}_c^t \mathbf{w}_c * /length(\mathbf{w}_c),$$

vakio c voidaan määritellä kaavan 11 avulla, jolloin kohinan energian
10 an estimaatin biasoinnin poistaminen otetaan huomioon jo tässä vaiheessa
painotuskertoimia laskettaessa. Kohinan energian estimoinnin ja mahdollisen
biasoinnin vaikutuksen arvioimisen jälkeen lohkon 404 ulostulosignaali eli
muokattu impulssivaste 416 ja esisuodatettujen näytesignaalien summaimes-
sa 414 muodostettu summasignaali 418 kerrotaan saaduilla painotuskertoi-
15 milla painotusvälineillä 410 ennen varsinaista kanavakorjainlohkoa 412. Täten
saadaan kanavakoodausta varten luotettavammat symbolivirhesuhdearvot.

Edellä kuvatut toiminnot voidaan toteuttaa monin tavoin, esimerkiksi
prosessorilla suoritettulla ohjelmistolla tai laitteistototeutuksella, kuten erillis-
komponenteista rakennetulla logiikalla tai ASIC:illa.

20 Vaikka keksintöä on edellä selostettu viitaten oheisten piirustusten
mukaiseen esimerkkiin, on selvää, ettei keksintö ole rajoittunut siihen, vaan
sitä voidaan muunnella monin tavoin oheisten patenttivaatimusten esittämän
keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä kanavakorjauksen suorittamiseksi radiovastaanot-
 messa, jossa estimoidaan impulssivaste, määritetään kohinateho estimoimalla
 vastaanotetun signaalin sisältämän kohinan kovarianssimatriisi ennen esisuo-
 5 datusta, lasketaan esisuodattimien ja kanavakorjaimen tappikertoimet t u n -
 n e t t u siitä, että

määritetään kohinateho esisuodatuksen jälkeen estimoimalla kofi-
 nan varianssi,

10 painotetaan kanavakorjaimen sisäänmenosignaaleja (416, 418)
 painotuskertoimilla, jotka on saatu estimoimalla kohinan varianssi.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä,
 että painotettavat signaalit ovat kohinan kovarianssimatriisin estimaatin avulla
 korjattu impulssivaste ja esisuodatetut vastaanotetut signaalit.

3. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä,
 15 t u n n e t t u siitä, että painotetaan kanavakorjaimelle meneviä signaaleja
 (416, 418) painotuskertoimilla, joiden määrittämisessä on otettu huomioon ko-
 hinatehon estimaatissa oleva biasointi.

4. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä,
 t u n n e t t u siitä, että kanavakorjaus suoritetaan Viterbi-algoritmiin perustu-
 20 valla kanavakorjaimella.

5. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä,
 t u n n e t t u siitä, että kanavakorjaus suoritetaan päätöstakaisinkytketyllä ka-
 navakorjaimella.

6. Radiovastaanotin, joka vastaanotin käsittää välineet (400) esti-
 25 moida impulssivaste, välineet (402) määrittää vastaanotetun signaalin kofi-
 natehoa estimoimalla vastaanotetun signaalin sisältämän kohinan kovarians-
 simatriisi ennen esisuodatusta, välineet (404) laskea esisuodattimien ja kana-
 vakorjaimen tappikertoimet, t u n n e t t u siitä, että

vastaanotin käsittää välineet (406) määrittää kohinateho esisuo-
 30 tuksen jälkeen estimoimalla kohinan varianssi,

vastaanotin käsittää välineet (410) painottaa kanavakorjaimen si-
 säänmenosignaaleja (416, 418) kohinan varianssin estimoimisesta saaduilla
 painotuskertoimilla.

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen radiovastaanotin, t u n n e t t u
 35 siitä, että painotettavat signaalit ovat kohinan kovarianssimatriisin estimaatin
 avulla korjattu impulssivaste ja esisuodatetut vastaanotetut signaalit.

8. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen radiovastaanotin, tunnettu siitä, että vastaanotin käsittää välineet (410) painottaa kanavakorjaimelle meneviä signaaleja (416, 418) painotuskertoimilla, joiden määrittämisessä on otettu huomioon kohinatehon estimaatissa oleva biasointi.

5 9. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen radiovastaanotin, tunnettu siitä, että vastaanotin käsittää välineet (412) suorittaa kanavakorjaus Viterbi-algoritmiin perustuvalla kanavakorjaimella.

10 10. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen radiovastaanotin, tunnettu siitä, että vastaanotin käsittää välineet (412) suorittaa kanavakorjaus päätöstakaisinkytketyllä kanavakorjaimella.

(57) Tiivistelmä

Menetelmä kanavakorjauksen suorittamiseksi radio vastaanottimessa, jossa estimoidaan impulssivaste, estimoidaan vastaanotetun signaalin sisältämän kohinan kovarianssimatriisi ennen esisuodatusta ja lasketaan esisuodattimien ja kanavakorjaimen tappikertoimet. Menetelmässä määritetään kohinateho esisuodatuksen jälkeen estimomalla kohinan kovarianssimatriisi, minkä jälkeen painotetaan kanavakorjaimen sisäänmenosignaaleja (416, 418) kohinan kovarianssimatriisin estimoinnista saaduilla painotuskertoimilla.

(Kuvio 4)

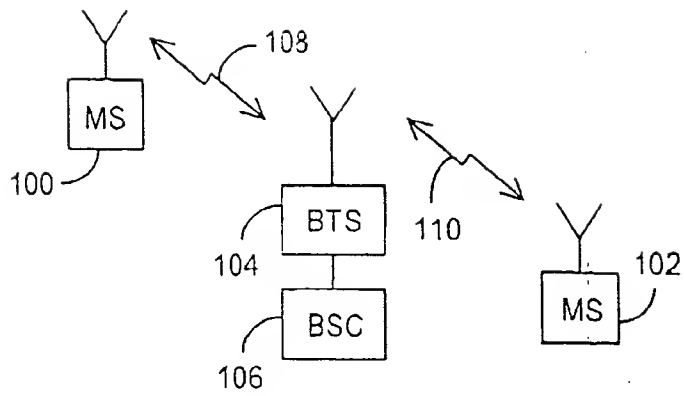


Fig. 1

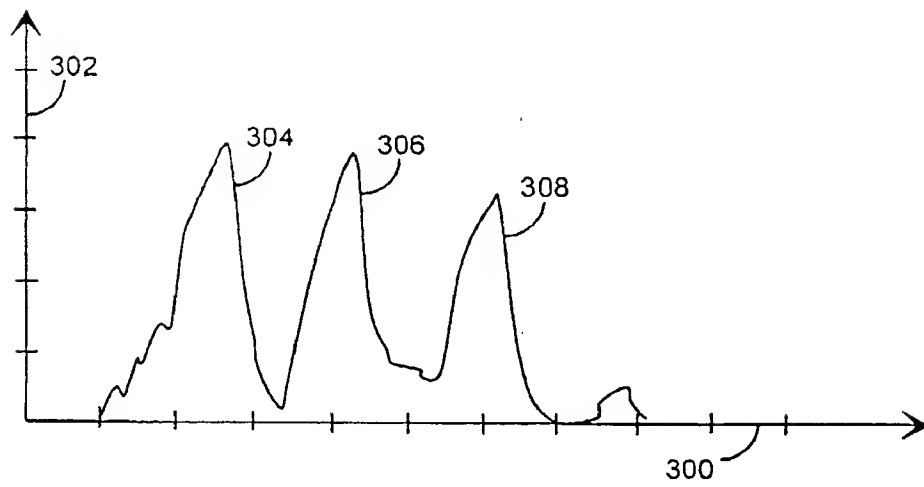


Fig. 3

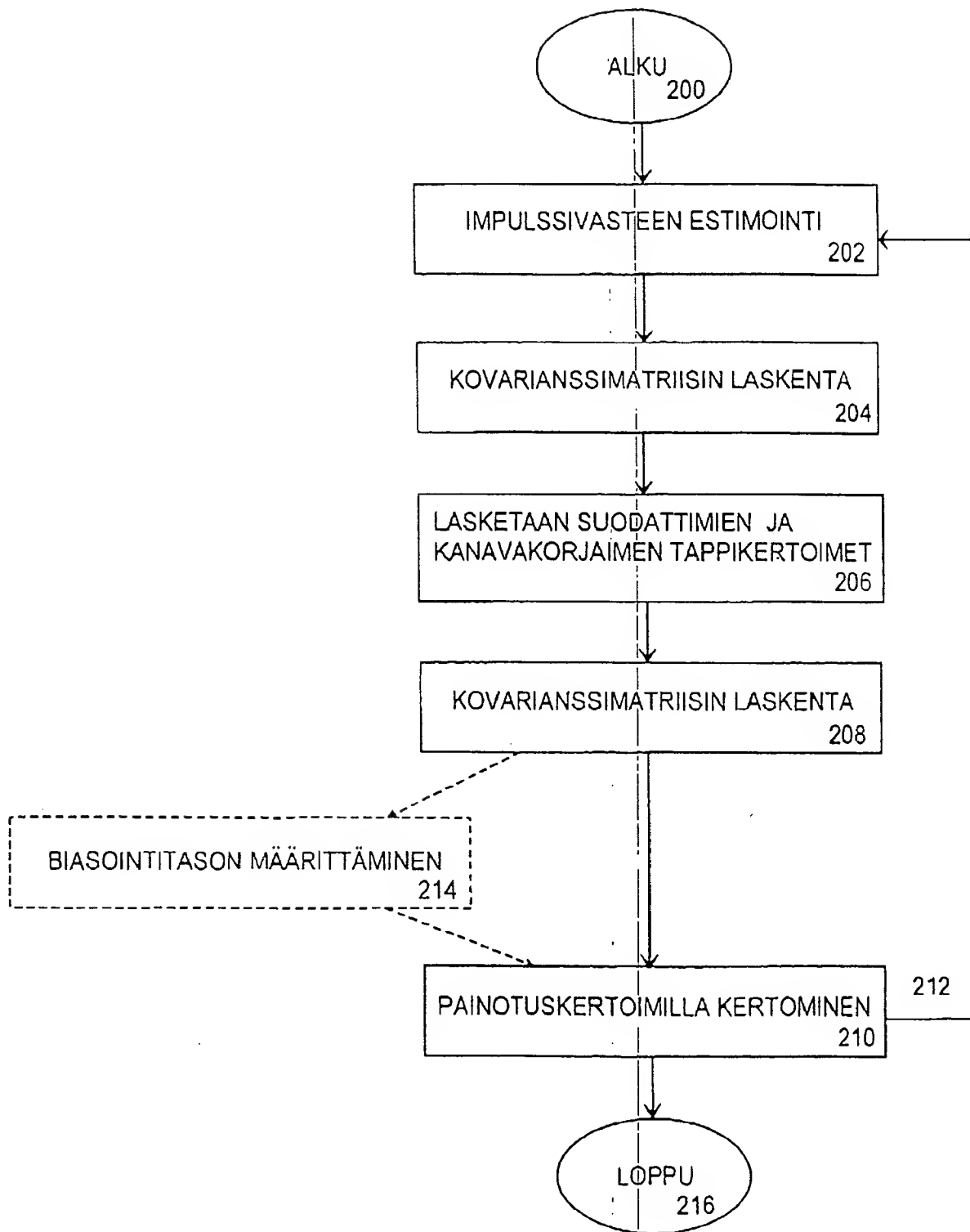


Fig. 2

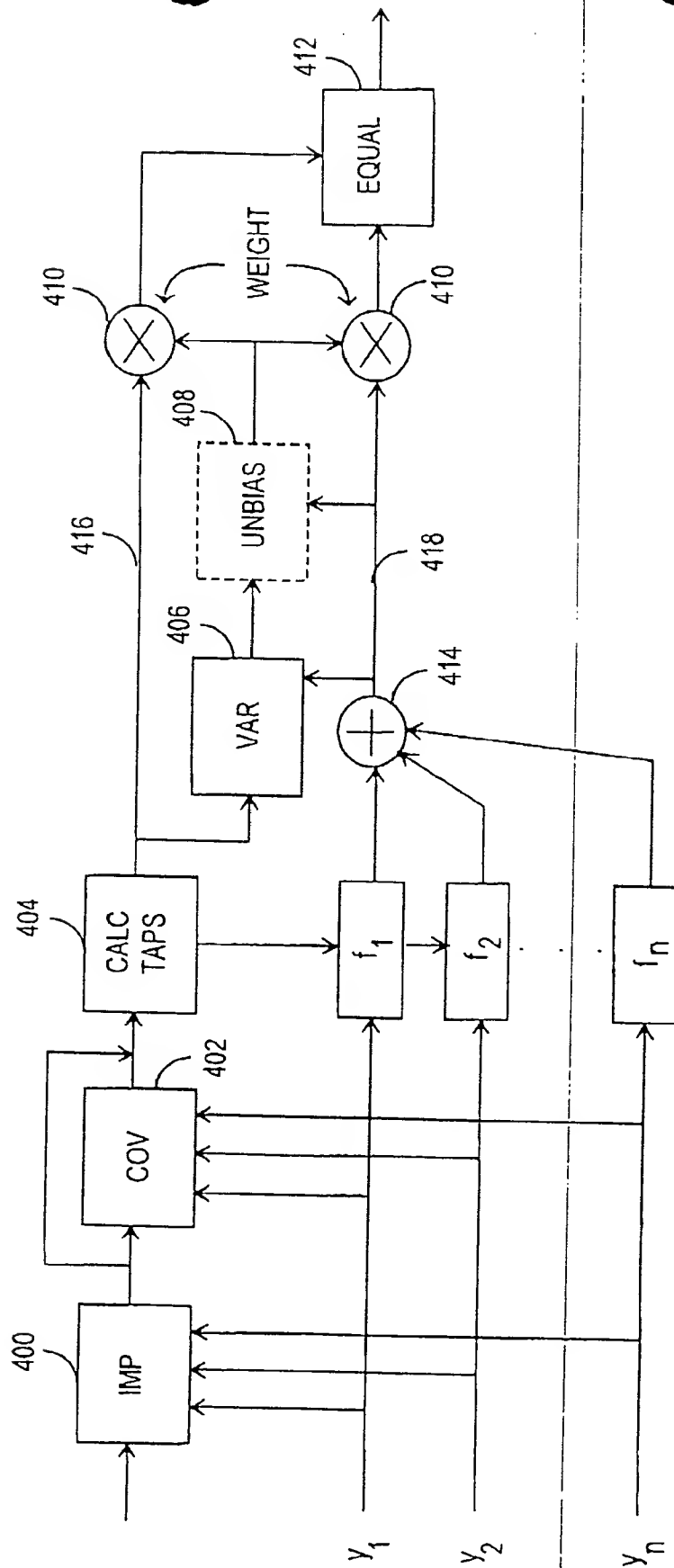


Fig. 4